



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Railway applications – Energy measurement on board trains –
Part 2: Energy measurement**

**Applications ferroviaires – Mesure d'énergie à bord des trains –
Partie 2: Mesure d'énergie**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 45.060.01

ISBN 978-2-8322-5152-2

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	11
2 Normative references	12
3 Terms, definitions, abbreviated terms and symbols.....	14
3.1 Terms and definitions.....	14
3.2 Abbreviated terms.....	17
3.3 Symbols.....	18
4 Requirements	18
4.1 General.....	18
4.2 Energy Measurement Function (EMF)	18
4.2.1 General	18
4.2.2 Electrical requirements	19
4.2.3 Accuracy requirements	20
4.2.4 Traction supply system change.....	22
4.2.5 Re-verification	22
4.3 Sensors	22
4.3.1 General	22
4.3.2 General requirements	22
4.3.3 Voltage sensors.....	24
4.3.4 Current sensors.....	28
4.4 Energy Calculation Function (ECF)	34
4.4.1 General	34
4.4.2 General requirements	34
4.4.3 Electrical requirements	35
4.4.4 Accuracy requirements	38
4.4.5 Effect of temperature on error limits.....	39
4.4.6 Limits of additional error due to influence quantities	41
4.4.7 Electromagnetic compatibility	42
4.4.8 Data transfer from ECF to DHS.....	43
5 Conformance test	44
5.1 General.....	44
5.1.1 Conformance test requirements	44
5.1.2 Applicability	44
5.1.3 Methodology.....	44
5.2 Testing framework	45
5.2.1 General	45
5.2.2 Reporting.....	45
5.3 Design review	46
5.3.1 General	46
5.3.2 Device design review.....	46
5.3.3 EMF design review	47
5.4 Type testing	47
5.4.1 General	47
5.4.2 Common type testing.....	47
5.4.3 Sensor type test	51

5.4.4	ECF type test.....	58
5.5	Routine test	69
5.5.1	General	69
5.5.2	Visual Inspection	69
5.5.3	Insulation test	69
5.5.4	Accuracy tests	69
Annex A (normative)	Test with magnetic induction of external origin	72
A.1	General.....	72
A.2	Test method 1	72
A.3	Test method 2.....	72
A.4	Position of EUT	73
Annex B (normative)	EMF configurations	74
B.1	Background.....	74
B.2	General.....	74
B.3	EMF with several CMFs in parallel	74
B.4	EMF with several VMFs connected to one ECF	75
B.5	EMF with several pairs of VMF and CMF	75
B.6	Several EMFs in parallel	76
B.7	One VMF or CMF connected to several ECFs	77
B.8	EMF without VMF.....	77
Annex C (informative)	Expressing EMF accuracy	78
C.1	Summary	78
C.2	Error limits or uncertainty	78
C.3	Presentation of error limits	78
C.4	Uncertainty calculations	79
C.4.1	AC active power	79
C.4.2	Primary values.....	80
C.4.3	Uncertainty in the measurement of active power (Watts).....	80
C.4.4	Relative uncertainty	81
C.4.5	Uncertainty in the measurement of reactive power (var)	82
C.4.6	Relative uncertainty	84
Annex D (informative)	Re-verification and defining of its regime recommendations	85
D.1	Re-verification	85
D.1.1	Background	85
D.1.2	Approaches to re-verification	85
D.2	Defining re-verification regime recommendations	86
D.2.1	General approach	86
D.2.2	Testing regime.....	87
Annex E (informative)	Durability test	88
E.1	Durability test.....	88
E.2	Initial measurements	88
E.3	Conditioning.....	88
E.4	Intermediate measurements	89
E.5	Final temperature ramp.....	90
E.6	Final measurements and acceptance criteria	90
E.7	Information to be given in the test report.....	91
Bibliography	92

Figure 1 – EMS functional structure and dataflow diagram	10
Figure 2 – EMF functional block diagram	12
Figure 3 – Example of energy index value and delta value	15
Figure 4 – Example of maximum percentage error for a VMF of class 0,5 R and a VMF of class 1,0 R with input signal in the range $U_{\min 1} \leq U \leq U_{\max 2}$	27
Figure 5 – Example of maximum percentage error for a CMF class 1,0 R AC with input signals in the range $10 \% I_n \leq I \leq 120 \% I_n$, $5 \% I_n \leq I < 10 \% I_n$ and $1 \% I_n \leq I < 5 \% I_n$	32
Figure 6 – Primary current and voltage ranges	38
Figure 7 – Example of maximum percentage error for an ECF of class 0,5 R and an ECF of class 1,0 R with input signals in Area 1 and Area 2	40
Figure 8 – Test point matrix for ECF accuracy tests (type test)	60
Figure 9 – Test point matrix for tests of ambient temperature variation and influence quantities (type test)	61
Figure 10 – Test circuit diagram for determining the influence on accuracy of odd harmonics or sub-harmonics in the current circuit	64
Figure 11 – Phase-fired waveform (shown for 50 Hz)	64
Figure 12 – Analysis of harmonic content of phase-fired waveform (shown for 50 Hz)	65
Figure 13 – Burst fire waveform (shown for 50 Hz)	65
Figure 14 – Analysis of harmonics (shown for 50 Hz)	66
Figure 15 – Test point matrix for ECF accuracy tests (routine test)	71
Figure A.1 – Test configuration for test method 1	72
Figure A.2 – Test configuration for test method 2	73
Figure B.1 – EMF with several CMFs in parallel	74
Figure B.2 – EMF with several VMFs connected to one ECF	75
Figure B.3 – EMF with several pairs of VMF and CMF	76
Figure B.4 – EMF with several ECFs	76
Figure B.5 – One VMF connected to two ECFs	77
Figure B.6 – EMF without VMF	77
Table 1 – Reference conditions	21
Table 2 – EMF percentage error limits at reference conditions	21
Table 3 – Percentage error limits – VMF	26
Table 4 – Maximum percentage error for a VMF including ambient temperature variation	26
Table 5 – Temperature coefficient for VMF	27
Table 6 – Influence quantities for voltage sensors	28
Table 7 – Percentage error limits – AC CMF	30
Table 8 – Percentage error limits – DC CMF	31
Table 9 – Maximum percentage error for a CMF including ambient temperature variation	31
Table 10 – Temperature coefficient for CMF	32
Table 11 – Percentage error limits with harmonics – AC current sensor	33
Table 12 – Influence quantities for current sensors	33
Table 13 – Variations due to short-time overcurrents	37
Table 14 – Variations due to self-heating	37

Table 15 – ECF percentage error limits for active energy.....	38
Table 16 – Maximum percentage error for an ECF including ambient temperature variation.....	39
Table 17 – Temperature coefficient for the ECF	40
Table 18 – Influence quantities for the ECF	41
Table 19 – Test current for harmonics.....	54

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RAILWAY APPLICATIONS – ENERGY MEASUREMENT ON BOARD TRAINS –

Part 2: Energy measurement

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62888-2 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This standard is based on EN 50463.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
9/2321/FDIS	9/2332/RVD

Full information on the voting for the approval of this International Standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 62888 series, published under the general title *Railway applications – Energy measurement on board trains*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

Three levels are introduced for categorizing EMS as described in IEC 62888-1:2018, 4.1.

This is Part 2 of the IEC 62888 series, which consists of the following parts, under the common title *Railway applications – Energy measurement on board trains*:

Part 1: General

Part 2: Energy measurement

Part 3: Data handling

Part 4: Communication

Part 5: Conformance test

Part 6: Requirements for purposes other than billing

This series of International Standards follows the functional guidelines description in Annex A, “Principles of conformity assessment”, of ISO/IEC 17000:2004 tailored to the Energy Measurement System (EMS).

The Energy Measurement System (EMS) provides measurement and data suitable for applications such as energy management, energy saving, billing and others.

This series of International Standards uses the functional approach to describe the EMS. These functions are implemented in one or more physical devices. The user of this series of standards is free to choose the physical implementation arrangements.

Structure and main contents of the IEC 62888 series

This series of International Standards is divided into six parts. The titles and brief descriptions of each part are given below:

IEC 62888-1 – General

The scope of IEC 62888-1 is the Energy Measurement System (EMS).

IEC 62888-1 provides system level requirements for the complete EMS and common requirements for all devices implementing one or more functions of the EMS.

IEC 62888-2 – Energy measurement

The scope of IEC 62888-2 is the Energy Measurement Function (EMF).

The EMF provides measurement of the consumed and regenerated active energy of a traction unit. If the traction unit is designed for use on AC traction supply systems, the EMF also provides measurement of reactive energy. The EMF provides the measured quantities via an interface to the Data Handling System.

The EMF consists of the three functions: Voltage Measurement Function, Current Measurement Function and Energy Calculation Function. For each of these functions, accuracy classes are specified and associated reference conditions are defined. This part also defines all specific requirements for all functions of the EMF.

The Voltage Measurement Function measures the voltage of the contact line (CL) system and the Current Measurement Function measures the current taken from and returned to the CL system. These functions provide signal inputs to the Energy Calculation Function.

The Energy Calculation Function inputs the signals from the Current and Voltage Measurement Functions and calculates a set of values representing the consumed and regenerated energies. These values are transferred to the Data Handling System and are used in the creation of Compiled Energy Measured Data.

All relevant metrological aspects are covered in this part of IEC 62888.

IEC 62888-2 also defines the conformance test of the EMF.

IEC 62888-3 – Data handling

The scope of IEC 62888-3 is the Data Handling System (DHS).

The on board DHS receives, produces and stores data, ready for transmission to any authorised receiver of data on board or on ground. The main goal of the DHS is to produce Compiled Energy Measured Data and transfer it to an on-ground Data Collection Service (DCS). The DHS can support other functionality on board or on-ground with data, as long as this does not conflict with the main goal.

IEC 62888-3 also defines the conformance test of the DHS.

IEC 62888-4 – Communication

The scope of IEC 62888-4 is the communication services.

This part of IEC 62888 gives requirements and guidance regarding the data communication between the functions implemented within EMS as well as between such functions and other on board units where data are exchanged using a communications protocol stack over a dedicated physical interface or a shared network.

It includes the on board to ground communication service and covers the requirements necessary to support data transfer between DHS and DCS.

IEC 62888-4 also defines the conformance test of the communications services.

IEC 62888-5 – Conformance test

The scope of IEC 62888-5 is the conformance test procedures for the EMS.

IEC 62888-5 also covers re-verification procedures and conformance test in the event of the replacement of a device of the EMS.

IEC 62888-6 – Requirements for purposes other than billing

The scope of IEC 62888-6 is to specify the requirements for EMS to be used for benchmarking, daily energy consumption monitoring, technical research and development.

This part provides the requirements for monitoring consumed energy on-board in daily services in an easy way and the measured data are applicable for general purposes in industry such as energy management, energy saving, etc. However, this part is not applicable for billing purposes.

EMS functional structure and dataflow

Figure 1 illustrates the functional structure of the EMS, the main sub-functions and the structure of the dataflow and is informative only. Only the main interfaces required by this standard are displayed by arrows.

Since the communication function is distributed throughout the EMS, it has been omitted for clarity. Not all interfaces are shown.

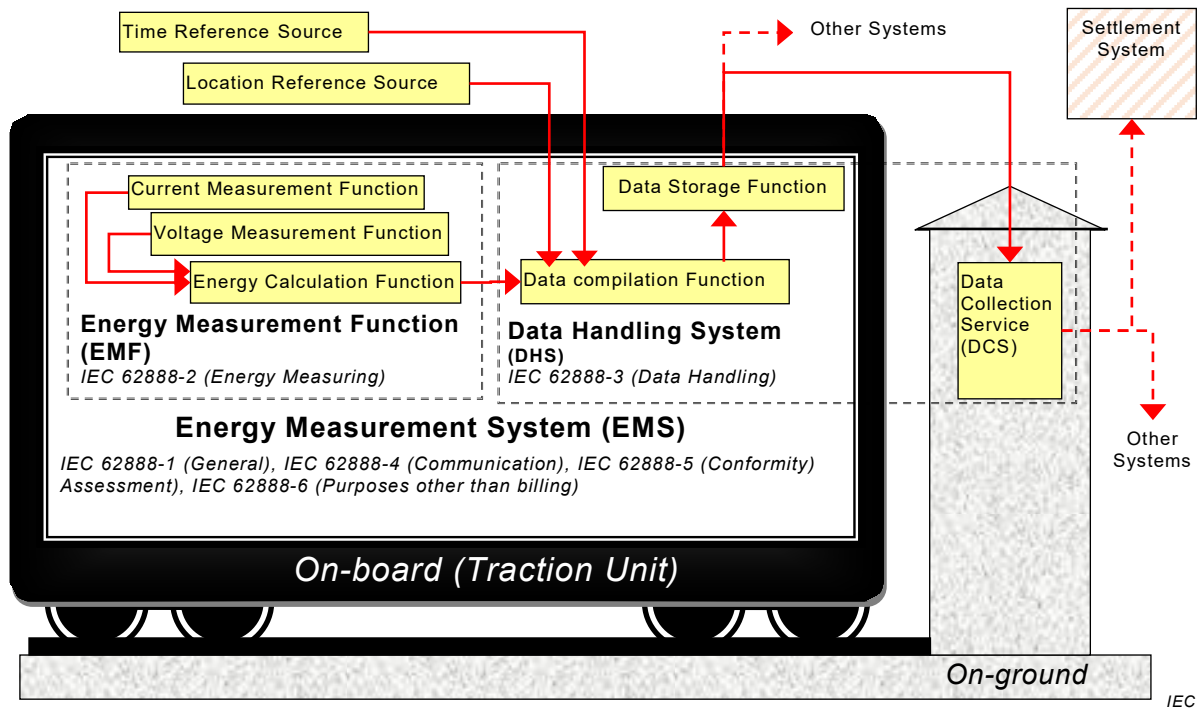


Figure 1 – EMS functional structure and dataflow diagram

RAILWAY APPLICATIONS – ENERGY MEASUREMENT ON BOARD TRAINS –

Part 2: Energy measurement

1 Scope

This part of IEC 62888 specifies the requirements applicable to the Energy Measurement Function (EMF) of an Energy Measurement System (EMS) for use on board traction units for measurement of energy supplied directly from/to the Contact Line system.

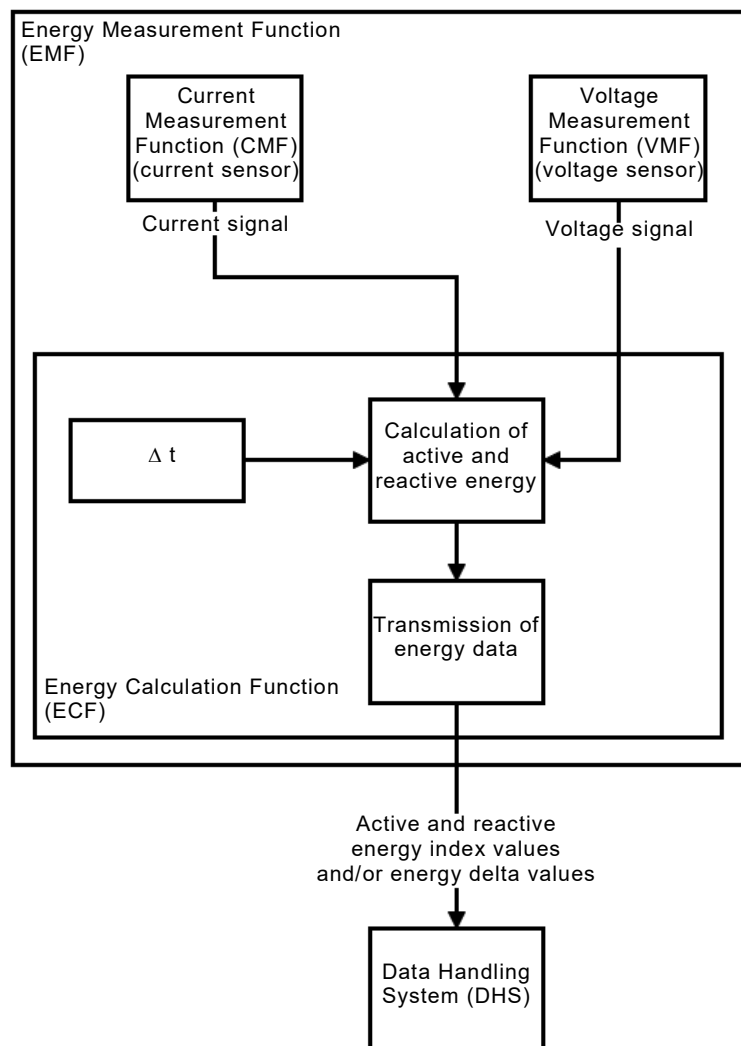
This document also gives requirements for the Current Measurement Function (e.g. current sensor), the Voltage Measurement Function (e.g. voltage sensor) and the Energy Calculation Function (e.g. energy meter).

The conformance test arrangements for the Voltage Measurement Function, Current Measurement Function, the Energy Calculation Function and a complete Energy Measurement Function are also specified in this document.

This document has been developed taking into account that in some applications the EMF may be subjected to metrological assessment. All relevant metrological aspects are covered in this part and they are applicable to EMS Level 1.

Specific requirements for EMS Level 2 and Level 3 are specified in IEC 62888-6.

Figure 2 shows the flow between the functional blocks of the EMF. Only connections between the functional blocks required by this document are displayed.



IEC

Figure 2 – EMF functional block diagram

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60028:1925, *International standard of resistance for copper*

IEC 60044-8:2002, *Instrument transformers – Part 8: Electronic current transformers*

IEC 60068-2-1:2007, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2:2007, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-30:2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60077-4:2003, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 4: Electrotechnical components – Rules for AC circuit-breakers*

IEC 60085:2007, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60121:1960, *Recommendation for commercial annealed aluminium electrical conductor wire*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD2:2013

IEC 60571:2012, *Railway applications – Electronic equipment used on rolling stock*

IEC 60850:2014, *Railway applications – Supply voltages of traction systems*

IEC 61000-4-2:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-3:2006/AMD1:2007

IEC 61000-4-3:2006/AMD2:2010

IEC 61000-4-4:2012, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5:2014, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-6:2013, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61373:2010, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests*

IEC 61869 (all parts), *Instrument transformers*

IEC 61869-1, *Instrument transformers – Part 1: General requirements*

IEC 61869-2:2012, *Instrument transformers – Part 2: Additional requirements for current transformers*

IEC 61992-1:2006, *Railway applications – Fixed installations – D.C. switchgear – Part 1: General*

IEC 62236-1:2008, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 1: General*

IEC 62236-3-2:2008, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 3-2: Rolling stock – Apparatus*

IEC 62497-1, *Railway applications – Insulation coordination – Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment*

IEC 62498-1:2010, *Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 1: Equipment on board rolling stock*

IEC 62313:2009, *Railway applications – Power supply and rolling stock – Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability*

IEC 62888-1:2018, *Railway applications – Energy measurement on board trains – Part 1: General*

IEC 62888-3:2018, *Railway applications – Energy measurement on board trains – Part 3: Data handling*

IEC 62888-4:2018, *Railway applications – Energy measurement on board trains – Part 4: Communication*

IEC 62888-5:2018, *Railway applications – Energy measurement on board trains – Part 5: Conformance test*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	98
INTRODUCTION.....	100
1 Domaine d'application	103
2 Références normatives	104
3 Termes, définitions, termes abrégés et symboles	106
3.1 Termes et définitions	106
3.2 Termes abrégés.....	110
3.3 Symboles.....	110
4 Exigences.....	111
4.1 Généralités	111
4.2 Fonction de mesure d'énergie (EMF)	111
4.2.1 Généralités.....	111
4.2.2 Exigences électriques.....	112
4.2.3 Exigences de précision.....	112
4.2.4 Modification du réseau d'alimentation de traction.....	115
4.2.5 Revérification	115
4.3 Capteurs.....	115
4.3.1 Généralités.....	115
4.3.2 Exigences générales	115
4.3.3 Capteurs de tension.....	117
4.3.4 Capteurs de courant	122
4.4 Fonction de calcul d'énergie (ECF)	129
4.4.1 Généralités.....	129
4.4.2 Exigences générales	129
4.4.3 Exigences électriques.....	131
4.4.4 Exigences de précision.....	133
4.4.5 Effet de la température sur les limites d'erreur.....	135
4.4.6 Limites d'erreur supplémentaire due aux grandeurs d'influence	137
4.4.7 Compatibilité électromagnétique.....	139
4.4.8 Transfert de données de l'ECF au DHS	140
5 Essai de conformité.....	141
5.1 Généralités	141
5.1.1 Exigences d'essais de conformité	141
5.1.2 Applicabilité.....	141
5.1.3 Méthodologie.....	141
5.2 Cadre des essais	142
5.2.1 Généralités.....	142
5.2.2 Rapport	142
5.3 Revue de conception	143
5.3.1 Généralités.....	143
5.3.2 Revue de conception du dispositif	143
5.3.3 Revue de conception de l'EMF	144
5.4 Essai de type.....	144
5.4.1 Généralités.....	144
5.4.2 Essais de type courants.....	145
5.4.3 Essai de type pour les capteurs.....	148

5.4.4	Essai de type de l'ECF	156
5.5	Essai individuel de série	169
5.5.1	Généralités	169
5.5.2	Inspection visuelle	169
5.5.3	Essai d'isolement.....	169
5.5.4	Essais de précision.....	170
Annexe A (normative)	Essai avec induction magnétique d'origine externe.....	174
A.1	Généralités	174
A.2	Méthode d'essai 1.....	174
A.3	Méthode d'essai 2.....	174
A.4	Position de l'EEE	175
Annexe B (normative)	Configurations relatives à la CEM	176
B.1	Contexte	176
B.2	Généralités	176
B.3	EMF avec plusieurs CMF en parallèle	176
B.4	EMF avec plusieurs VMF connectées à une ECF	177
B.5	EMF avec plusieurs paires de VMF et CMF.....	178
B.6	Plusieurs EMF en parallèle	178
B.7	Une VMF ou CMF connectée à plusieurs ECF.....	179
B.8	EMF sans VMF	179
Annexe C (informative)	Expression de la précision de l'EMF	181
C.1	Résumé	181
C.2	Limites d'erreur ou incertitude.....	181
C.3	Présentation des limites d'erreur.....	182
C.4	Calculs de l'incertitude	182
C.4.1	puissance active en CA	182
C.4.2	Valeur primaires	183
C.4.3	Incertitude dans la mesure de la puissance active (Watts).....	183
C.4.4	Incertitude relative	184
C.4.5	Incertitude dans la mesure de la puissance réactive (var)).....	185
C.4.6	Incertitude relative	186
Annexe D (informative)	Revérification et définition des recommandations du régime	188
D.1	Revérification.....	188
D.1.1	Contexte.....	188
D.1.2	Approches relatives à la revérification	188
D.2	Définition des recommandations relatives au régime de revérification	189
D.2.1	Approche générale	189
D.2.2	Régime d'essai.....	190
Annexe E (informative)	Essai de durabilité.....	192
E.1	Essai de durabilité	192
E.2	Mesures initiales.....	192
E.3	Conditionnement.....	192
E.4	Mesures intermédiaires.....	193
E.5	Rampe de température finale.....	194
E.6	Mesures finales et critères d'acceptation.....	195
E.7	Informations à inclure dans le rapport d'essai	195
Bibliographie.....		196

Figure 1 – Structure fonctionnelle et schéma de flux de données de l'EMS	102
Figure 2 – Diagramme de block fonctionnel EMF	104
Figure 3 – Exemple de valeur indice d'énergie	107
Figure 4 – Exemple de pourcentage d'erreur maximal pour une VMF de classe 0,5 R et une VMF de classe 1,0 R avec un signal d'entrée compris dans la gamme $U_{\min 1} \leq U \leq U_{\max 2}$	121
Figure 5 – Exemple de pourcentage d'erreur maximal pour une CMF de classe 1,0 R en CA avec des signaux d'entrée compris dans la gamme $10 \% I_n \leq I \leq 120 \% I_n$, $5 \% I_n \leq I < 10 \% I_n$ et $1 \% I_n \leq I < 5 \% I_n$	127
Figure 6 – Courant primaire et gammes de tension	134
Figure 7 – Exemple de pourcentage d'erreur maximal pour une ECF de classe 0,5 R et une ECF de classe 1,0 R avec des signaux d'entrée compris dans la Zone 1 et la Zone 2	136
Figure 8 – Matrice de points d'essai pour les essais de précision de l'ECF (essai de type)	158
Figure 9 – Matrice de points d'essai pour les essais de variation de température ambiante et de grandeurs d'influence	159
Figure 10 – Schéma du circuit d'essai pour déterminer l'influence sur la précision des harmoniques impairs ou des sous-harmoniques dans le circuit de courant	162
Figure 11 – Forme d'onde en onde coupée (exemple pour 50 Hz)	163
Figure 12 – Analyse d'harmonique de l'onde en onde coupée (exemple pour 50 Hz)	164
Figure 13 – Définition du train d'onde (exemple pour 50 Hz)	165
Figure 14 – Analyse des harmoniques (exemple pour 50 Hz)	166
Figure 15 – Matrice de points d'essai pour les essais de précision de l'ECF (essai de routine)	172
Figure A.1 – Configuration d'essai pour la méthode d'essai 1	174
Figure A.2 – Configuration d'essai pour la méthode d'essai 2	175
Figure B.1 – EMF avec plusieurs CMF en parallèle	176
Figure B.2 – EMF avec plusieurs VMF connectées à une ECF	177
Figure B.3 – EMF avec plusieurs paires de VMF et CMF	178
Figure B.4 – EMF avec plusieurs ECF	179
Figure B.5 – Une VMF connectée à deux ECF	179
Figure B.6 – EMF sans VMF	180
Tableau 1 – Conditions de référence	114
Tableau 2 – Limites de pourcentage d'erreur de l'EMF aux conditions de référence	114
Tableau 3 – Limites de pourcentage d'erreur – VMF	119
Tableau 4 – Pourcentage d'erreur maximal pour une VMF en tenant compte de la variation de la température ambiante	120
Tableau 5 – Coefficient de température de la VMF	121
Tableau 6 – Grandeurs d'influence pour les capteurs de tension	122
Tableau 7 – Limites du pourcentage d'erreur – CMF courant alternatif	125
Tableau 8 – Limites de pourcentage d'erreur – CMF courant continu	125
Tableau 9 – Pourcentage d'erreur maximal pour une CMF en tenant compte de la variation de la température ambiante	126
Tableau 10 – Coefficient de température d'une CMF	127

Tableau 11 – Limites du pourcentage d'erreur en présence d'harmoniques – capteur de courant alternatif	128
Tableau 12 – Grandeurs d'influence pour les capteurs de courant	129
Tableau 13 – Variations dues à des surintensités de courte durée	133
Tableau 14 – Variations dues à l'échauffement propre	133
Tableau 15 – Limites du pourcentage d'erreur de l'ECF pour l'énergie active	134
Tableau 16 – Pourcentage d'erreur maximal pour une ECF en tenant compte de la variation de la température ambiante	135
Tableau 17 – Coefficient de température pour l'ECF	137
Tableau 18 – Grandeurs d'influence pour l'ECF	138
Tableau 19 – Courant d'essai pour les harmoniques	151

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MESURE D'ÉNERGIE À BORD DES TRAINS –

Partie 2: Mesure d'énergie

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62888-2 a été établie par le comité d'études 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette norme est basée sur l'EN 50463.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/2321/FDIS	9/2332/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62888, publiées sous le titre général *Applications ferroviaires – Mesure d'énergie à bord des trains*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Trois niveaux de performance sont introduits pour catégoriser le système de mesure d'énergie (EMS) comme décrit en dans l'IEC 62888-1:2018, 4.1.

La présente partie correspond à la Partie 2 de la série IEC 62888 qui comporte les parties suivantes, publiées sous le titre général Applications ferroviaires – Mesure d'énergie à bord des trains:

Partie 1: Généralités

Partie 2: Mesure d'énergie

Partie 3: Traitement des données

Partie 4: Communications

Partie 5: Essai de conformité

Partie 6: Exigences à des fins autres que la facturation

Cette série de Normes internationales respecte les lignes directrices fonctionnelles décrites dans l'Annexe A "Principes de l'évaluation de la conformité" de l'ISO/IEC 17000:2004, adaptées au système de mesure d'énergie (EMS).

Le système de mesure d'énergie (EMS) fournit des mesures et données adaptés pour des applications telles que la gestion de l'énergie, les économies d'énergie, la facturation, etc.

Cette série de Normes internationales utilise l'approche fonctionnelle pour décrire l'EMS. Ces fonctions sont mises en œuvre dans un ou plusieurs dispositifs physiques. L'utilisateur de cette série de normes est libre de choisir les dispositions de mise en œuvre physique.

Structure et contenu de la série IEC 62888

Cette série de normes internationales est divisée en six parties. Les titres et brèves descriptions de chaque partie sont indiqués ci-après:

IEC 62888-1 – Généralités

Le domaine d'application de l'IEC 62888-1 est le système de mesure d'énergie (EMS).

L'IEC 62888-1 définit les exigences de niveau système pour l'EMS complet et les exigences communes pour tous les dispositifs mettant en œuvre une ou plusieurs fonctions de l'EMS.

IEC 62888-2 – Mesure d'énergie

Le domaine d'application de l'IEC 62888-2 est la fonction de mesure d'énergie (EMF).

La fonction de mesure d'énergie (EMF) assure la mesure de l'énergie active consommée et régénérée d'une unité de traction. Si l'unité de traction est conçue pour l'utilisation sur des systèmes de traction en courant alternatif, l'EMF effectue également la mesure de l'énergie réactive. L'EMF fournit les grandeurs mesurées via une interface avec le système de traitement des données.

La fonction de mesure d'énergie (EMF) est constituée de trois fonctions: la fonction de mesure de tension, la fonction de mesure de courant et la fonction de calcul d'énergie. Pour chacune de ces fonctions, des classes d'exactitude sont spécifiées et les conditions de référence associées sont définies. Cette partie définit également toutes les exigences spécifiques pour toutes les fonctionnalités de l'EMF.

La fonction de mesure de tension permet de mesurer la tension du système de ligne de contact (CL). La fonction de mesure de courant permet de mesurer le courant prélevé au niveau du système de ligne de contact et renvoyé à ce dernier. Ces fonctions envoient des signaux d'entrée à la fonction de calcul d'énergie.

La fonction de calcul d'énergie reçoit les signaux des fonctions de mesure de courant et de tension et calcule un ensemble de valeurs qui représentent les énergies consommées et régénérées. Ces valeurs sont transférées vers le système de traitement des données et utilisées pour la création de données d'énergie mesurées compilées.

Toutes les caractéristiques métrologiques associées sont traitées dans cette partie de l'IEC 62888.

L'IEC 62888-2 définit également l'essai de conformité de l'EMF.

IEC 62888-3 – Traitement des données

Le domaine d'application de l'IEC 62888-3 est le système de traitement des données (DHS).

Le DHS embarqué reçoit, génère et stocke des données, prêtes à être transmises à un récepteur de données autorisé embarqué ou au sol. L'objectif principal du DHS est de générer des données d'énergie mesurées compilées et de les transférer à un service de collecte de données (DCS) au sol. Le DHS peut prendre en charge une autre fonctionnalité embarquée ou au sol avec des données, dans la mesure où celle-ci n'entre pas en conflit avec l'objectif principal.

L'IEC 62888-3 définit également l'essai de conformité du DHS.

IEC 62888-4 – Communications

Le domaine d'application de l'IEC 62888-4 comprend les services de communication.

Cette partie de l'IEC 62888 définit les exigences et lignes directrices relatives aux données entre les fonctions mises en œuvre dans l'EMS et entre ces fonctions et les autres unités embarquées lorsque des données sont échangées en utilisant une pile de protocoles de communications sur une interface physique dédiée ou un réseau partagé.

Elle inclut le service de communication des données embarquées et au sol et couvre les exigences nécessaires pour prendre en charge le transfert de données entre le DHS et le DCS.

L'IEC 62888-4 définit également l'essai de conformité des services de communication.

IEC 62888-5 – Essai de conformité

Le domaine d'application de l'IEC 62888-5 comprend les procédures de l'essai de conformité pour l'EMS.

L'IEC 62888-5 couvre en outre les procédures de revérification et l'essai de conformité en cas de remplacement d'un dispositif de l'EMS.

IEC 62888-6 – Exigences à des fins autres que la facturation

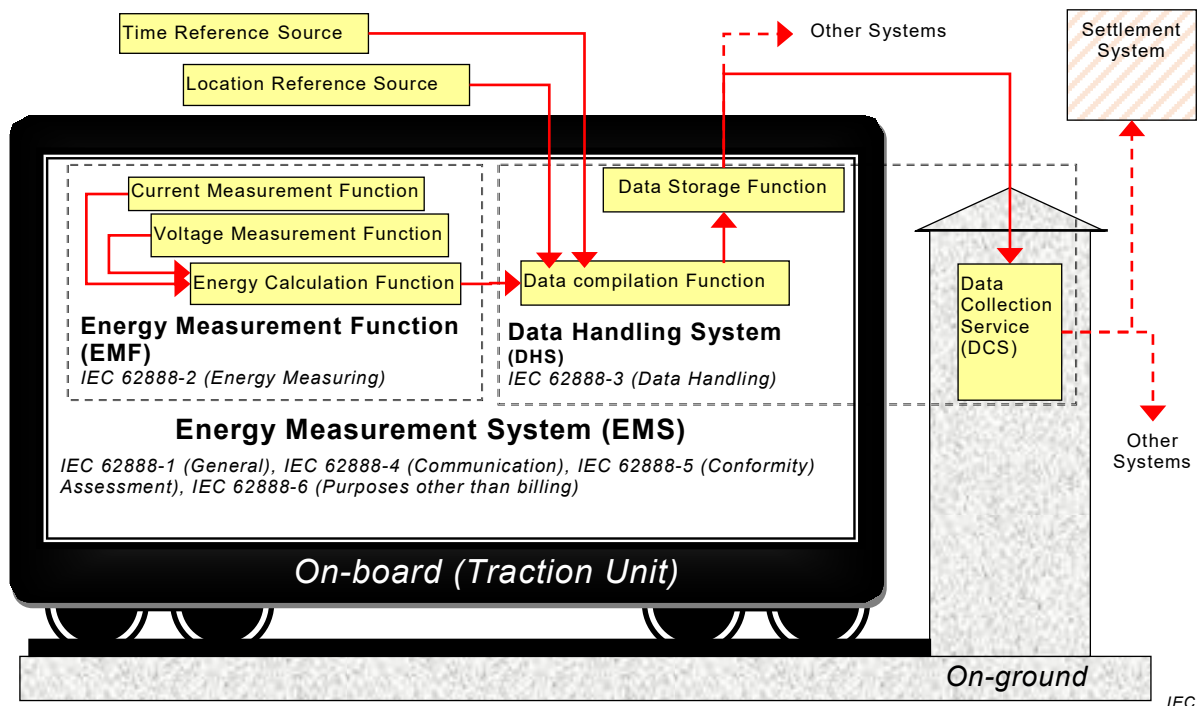
Le domaine d'application de l'IEC 62888-6 est la spécification des exigences de l'EMS qui sont utilisables pour la référencement, la surveillance de la consommation journalière d'énergie, la recherche et le développement techniques.

Cette partie spécifie les exigences permettant de faciliter la surveillance de l'énergie consommée à bord par les services journaliers. Les données mesurées sont applicables à des fins générales dans le secteur telles que la gestion d'énergie, les économies d'énergie, etc. Cependant, cette partie n'est pas applicable à des fins de facturation.

Structure fonctionnelle et flux de données de l'EMS

La Figure 1 représente la structure fonctionnelle de l'EMS, les principales fonctions secondaires et la structure du flux de données. Elle n'est fournie qu'à titre informatif. Seules les interfaces principales exigées par la présente norme sont affichées au moyen de flèches.

Étant donné que la fonction de communication est répartie dans l'ensemble de l'EMS, celle-ci a été omise par souci de clarté. Toutes les interfaces ne sont pas affichées.



Anglais	Français
Time Reference Source	Source de référence temporelle
Location Reference Source	Source de référence géographique
Current Measurement Function	Fonction de mesure du courant
Voltage Measurement Function	Fonction de mesure de la tension
Energy Calculation Function	Fonction de calcul de l'énergie
Energy Measurement Function (EMF)	Fonction de mesure d'énergie (EMF)
IEC 62888-2 (Energy Measuring)	IEC 62888-2 (Mesure d'énergie)
Data Handling System	Système de traitement des données
Data Handling System (DHS)	Système de traitement des données (DHS)
IEC 62888-3 (Data Handling)	IEC 62888-3 (Traitement des données)
Energy Measurement System (EMS)	Système de mesure d'énergie (EMS)
IEC 62888-1 (General), IEC 62888-4 (Communication), IEC 62888-5 (Conformance test), IEC 62888-6 (Requirements for purpose other than billing)	IEC 62888-1 (Généralités), IEC 62888-4 (Communications), IEC 62888-5 (Essai de conformité), IEC 62888-6 (Exigences à des fins autres que la facturation)
Traction Unit	Unité de traction
Data Collection Service (DCS)	Service de collecte de données (DCS)
On-ground	Au sol

Figure 1 – Structure fonctionnelle et schéma de flux de données de l'EMS

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MESURE D'ÉNERGIE À BORD DES TRAINS –

Partie 2: Mesure d'énergie

1 Domaine d'application

Cette partie de l'IEC 62888 définit les exigences applicables à la fonction de mesure d'énergie (EMF) d'un système de mesure d'énergie (EMS) utilisé à bord d'unités de tractions pour la mesure de l'énergie fournie directement depuis/vers le système de ligne de contact.

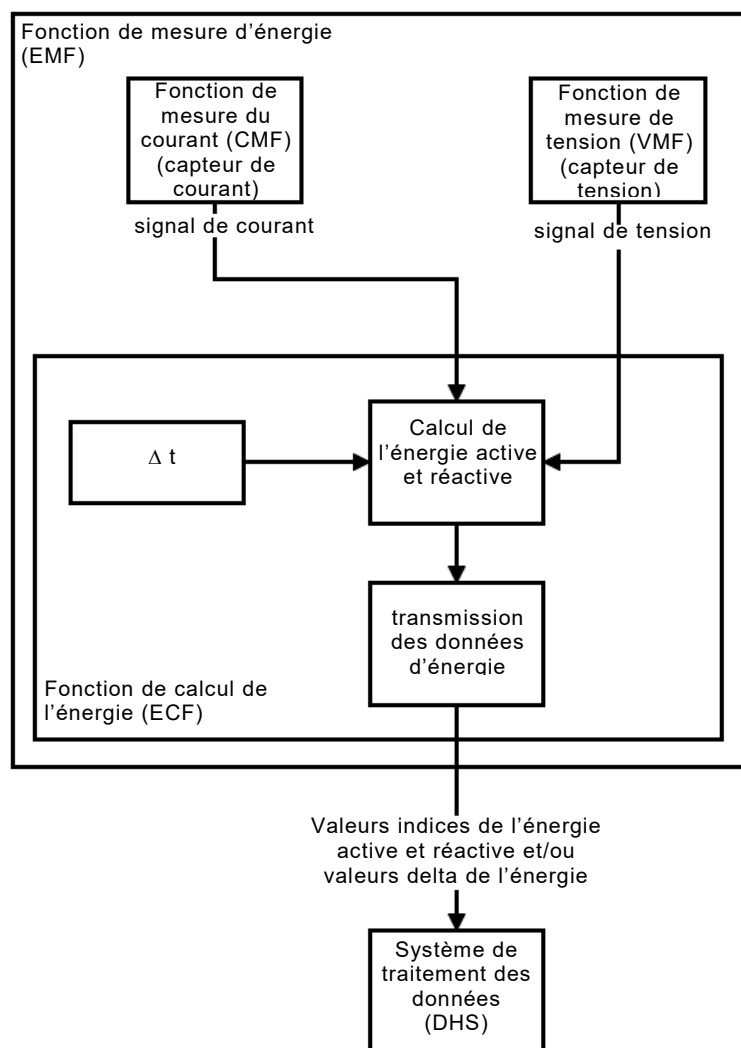
Le présent document donne également les exigences pour la fonction de mesure de courant (ex: capteur de courant), la fonction de mesure de tension (ex: capteur de tension) et la fonction de calcul d'énergie (ex: compteur d'énergie).

L'organisation d'essais de conformité pour la fonction de mesure de tension, la fonction de mesure de courant, la fonction de calcul d'énergie et une fonction de mesure d'énergie complète est aussi spécifiée dans le présent document.

Le présent document a été développé en prenant en compte que dans certaines applications, l'EMF peut être sujette à une évaluation métrologique. Tous les aspects métrologiques pertinents sont couverts dans cette partie et ils sont applicables à l'EMS de niveau 1.

Les exigences spécifiques pour l'EMS de niveau 2 et de niveau 3 sont spécifiées dans l'IEC 62888-6.

La Figure 2 montre le flot entre les blocks fonctionnels de l'EMF. Seules les connexions entre les blocks fonctionnels requis pour la présente norme sont présentées.



IEC

Figure 2 – Diagramme de block fonctionnel EMF

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60028:1925, *Spécification internationale d'un cuivre-type recuit*

IEC 60044-8:2002, *Transformateurs de mesure – Partie 8: transformateurs de courant électroniques*

IEC 60068-2-1:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-1: essais – Essais A: froid*

IEC 60068-2-2:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-20: essais – Essai T: méthodes d'essai de la brasabilité et de la résistance à la chaleur de brasage des dispositifs à broches*

IEC 60068-2-30:2005, *Essais d'environnement – Partie 2-30: essais – Essai Db: essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

IEC 60077-4:2003, *Applications ferroviaires – Équipements électriques pour le matériel roulant – Partie 4: composants électrotechniques – Règles pour disjoncteurs à courant monophasé*

IEC 60085:2007, *Isolation électrique – Évaluation et désignation thermiques*

IEC 60121:1960, *Recommandation concernant les fils en aluminium recuit industriel pour conducteurs électriques*

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD2:2013

IEC 60571:2012, *Applications ferroviaires – Équipements électroniques utilisés sur le matériel roulant*

IEC 60850:2014, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

IEC 61000-4-2:2008, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-3:2006/AMD1:2007

IEC 61000-4-3:2006/AMD2:2010

IEC 61000-4-4:2012, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

IEC 61000-4-5:2014, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-4-6:2013, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

IEC 61373:2010, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations*

IEC 61869 (all parts), *Transformateurs de mesure*

IEC 61869-1, *Transformateurs de mesure – Partie 1: Exigences générales*

IEC 61869-2:2012, *Transformateurs de mesure – Partie 2: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs de courant*

IEC 61992-1:2006, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu – Partie 1: Généralités*

IEC 62236-1:2008, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 1: Généralités*

IEC 62236-3-2:2008, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 3-2: Matériel roulant – Appareils*

IEC 62497-1, *Applications ferroviaires – Coordination de l'isolement – Partie 1: Exigences fondamentales – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite pour tout matériel électrique et électronique*

IEC 62498-1:2010, *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 1: Équipement embarqué du matériel roulant*

IEC 62313:2009, *Applications ferroviaires – Alimentation électrique et matériel roulant – Critères techniques pour la coordination entre le système d'alimentation (sous-station) et le matériel roulant*

IEC 62888-1:2018, *Applications ferroviaires – Mesure d'énergie à bord des trains – Partie 1: Généralités*

IEC 62888-3:2018, *Applications ferroviaires – Mesure d'énergie à bord des trains – Partie 3: Traitement des données*

IEC 62888-4:2018, *Applications ferroviaires – Mesure d'énergie à bord des trains – Partie 4: Communications*

IEC 62888-5:2018, *Applications ferroviaires – Mesure d'énergie à bord des trains – Partie 5: Essai de conformité*